

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有檯機圖
國際專務處



(43) 国際公開日
2002年8月29日 (29.08.2002)

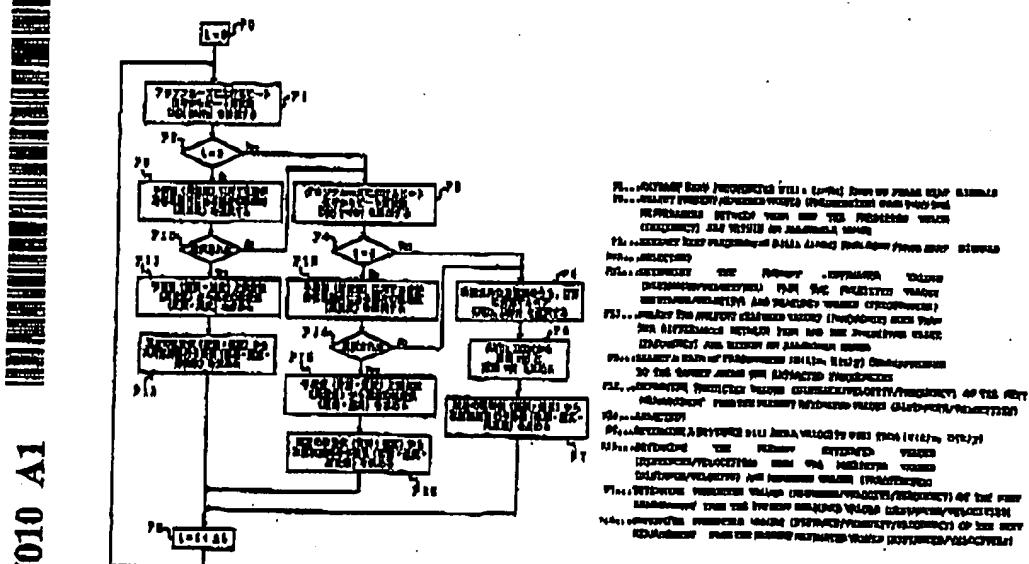
PCT

(10) 國際公報登號
WO 02/067010 A1

(51) 国際特許分類:	G01S 13/34, 7/32	[JP/JP] 小菅義夫 (KOSUGE, Yoshiro) [JP/JP] 甲斐幸一 (KAI, Katsushi) [JP/JP]; T100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三越電機株式会社内 Tokyo (JP)
(21) 国際出願番号:	PCT/JP01/01264	
(22) 国際出願日:	2001年2月21日 [21.02.2001]	(74) 代理人: 曽我直嗣, 外 (SOGA, Michitomo et al.); T100-0003 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 国際ビルディング 曽我特許事務所 Tokyo (JP)
(25) 国際出願の言語:	日本語	
(26) 国際公開の言語:	日本語	(81) 指定国(国内): JP, US.
(71) 出願人(米国を除く全ての括弧内について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; T100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).		(84) 指定国(括弧内):ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
(72) 発明者: および		添付公開書類:
(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 三木 澄 (MITSUMOTO, Masashi) [JP/JP], 冈田泰光 (OKADA, Takamitsu) [JP/JP], 高坂泰宏 (FUJISAKA, Takanobu)		— 国際開示報告書
		2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガイドの書類に掲載されている「コードと略語のガイドシスノート」を参照。

(34) Title: DISTANCE/VELOCITY MEASURING METHOD AND RADAR SIGNAL PROCESSING DEVICE

(5) 先駆の名著: 田村・遠藤社の著名な著述によるレーダー信号の理論



(57) Aberrant: A distance/velocity measuring method which utilizes information on the frequency of an up (or down) phase beat signal in a time-sequence direction and determines the relative distance and relative velocity of a target from the frequency of the up (or down) phase beat signal only to reduce detections of a false target and nondetections and achieve measurement with high reliability.

/ 证据布 /

WO 02/067010 A1

(57) 要約:

アップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数の時系列方向の情報を利用してアップ（あるいはダウン）フェーズのビート信号の周波数のみで目標の相対距離と相対速度を求めるようすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得る。

07-04-13;02:19PM;

Posz

133550115

11 / 36

明細書

距離・速度計測方法およびレーダ信号処理装置

5

技術分野

この発明は、たとえば車両等の移動体に搭載されるレーダの信号処理装置に係り、特に、目標となる対象物を検出してその相対距離と相対速度を計測するための距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置に関するものである。

10

背景技術

車両等に搭載されるレーダは、計測対象とする目標の距離が数m～200m程度の範囲であり、このような範囲内にある計測対象を検出するためのレーダ方式として、“Introduction to Radar Systems” M. I. SKOLNIK, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. (1962) をはじめとして、“RADAR HANDBOOK” M. I. SKOLNIK, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. (1970) や“レーダ技術” 吉田幸監修、電子情報通信学会編 (1989) などに記載され、公知なFMCW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式を用いることが多い。

図3は、FMCWレーダにおける各信号の時間に対する周波数特性を示したものであり、目標に対し送信される三角波の周波数変調を施した連続波の送信信号と目標から反射される受信信号とのピート信号から目標の相対距離及び相対速度を求める際の信号対時間の関係を示している。ここで、時間の経過につれて搬送波周波数が高くなる変調区間をアップフェーズ (変調周波数上昇期間) とし、他方、時間の経過につれて搬送波周波数が低くなる変調区間をダウンフェーズ (変調周波数下降期間) とする。

図3において、1は送信信号、2は受信信号、3はピート信号であり、アップフェーズにおけるピート信号3の周波数Dとダウンフェーズにおけるピート信号の周波数D'は、周波数掃引幅をB、周波数掃引時間をT、光速をc、波長をλ、目標までの相対距離をr、目標の相対速度をvとするとき、下記の式で

表される。

$$U = -\frac{2B}{cT}r + \frac{2}{\lambda}v \quad (1)$$

$$D = \frac{2B}{cT}r + \frac{2}{\lambda}v \quad (2)$$

これらの関係により、目標の相対距離 r と相対速度 v は、式 (3)、(4) 5 に示すビート周波数 U と D の減算と加算による結果を利用して、式 (5)、(6) から得られる。

$$D - U = \frac{4B}{cT}r \quad (3)$$

$$U + D = \frac{4}{\lambda}v \quad (4)$$

$$r = \frac{cT}{4B}(D - U) \quad (5)$$

$$v = \frac{\lambda}{4}(U + D) \quad (6)$$

また、目標が複数 (N) の場合には、アップフェーズにおけるビート信号の周波数 U_i ($i = N_u, N_u \leq N$) とダウンフェーズにおけるビート信号の周波数 D_j ($j = N_d, N_d \leq N$) が得られるので、あらかじめ設定された基準により周波数対 (U_x, D_y) が選ばれ、その周波数対を式 (5)、(6) 15 に代入して各目標の相対距離と相対速度が得られる。

この選定基準として、例えばビート信号の周波数スペクトルにおけるピーク強度を利用するものがあり、日本国特開平5-142387号公報では強度の大きさ順に対を決めている。また、日本国特開平11-337635号公報ではビームを走査して得られる複数方向の強度パターンを利用している。

20 このような目標の相対距離と相対速度は、一般にはあらかじめ設定された時間間隔で繰返し計測される。

しかし、現実には目標である車両からの反射状態や、送受信装置の構成要素の特性などにより、時系列上の計測において、ビート信号の周波数にはらつき

07-04-13;02:19PM;

Posz

133550115

13/ 36

が生じ、距離・速度の計測結果が不安定になるという問題があった。

このような問題に対して、日本国特開平5-142338号公報、日本国特開平5-150095号公報や日本国特開平5-249233号公報などでは、ビート信号の周波数に関して時系列方向の情報を利用することが開示されて
5 いる。

例えば、図4は、日本国特開平5-249233号公報に開示されたミリ波レーダ装置の信号処理部の構成を示す図である。図示する信号処理部10は、
10 A/D (Analog to Digital) 変換部11、周波数分析部12、スイッチ部13、比較部14と18、基準値形成部15と19、記憶部16と20、ならびに除去部17と21、距離・速度導出部22を備えている。

次に動作について説明する。図4に示す信号処理部10において、目標に対するビート信号3がアナログ信号として入力され、このビート信号はA/D変換部11でデジタル信号に変換される。周波数分析部12ではFFT (Fast Fourier Transform) などによって周波数分析が行われ、アップフェーズにおけるビート信号の周波数Uとダウンフェーズにおけるビート信号の周波数Dが抽出される。

これら周波数は、スイッチ部13を介して、計測時の時刻tと関連づけられ、周波数UはU(t)として記憶部16に記憶され、周波数DはD(t)として記憶部20に記憶される。

20 時刻tにおいて、基準値形成部15は、記憶部16に記憶された過去のデータを利用して基準値Uref(t)を設定する。例えば計測間隔がΔtであるとして、式(7)により基準値Uref(t)を設定する。

$$U_{ref}(t) = \frac{U(t-\Delta t) + U(t-2\Delta t) + \cdots + U(t-5\Delta t)}{5} \quad (7)$$

同様に、基準値形成部19は、記憶部20に記憶された過去のデータを利用して基準値Dref(t)を設定する。例えば式(8)により基準値Dref(t)を設定する。

$$D_{ref}(t) = \frac{D(t-\Delta t) + D(t-2\Delta t) + \cdots + D(t-5\Delta t)}{5} \quad (8)$$

比較部14は、スイッチ部13を経由して入力されるアップフェーズにおけるピート信号の周波数U(t)を基準値形成部15で設定された基準値U_{ref}(t)と比較して、アップフェーズにおけるピート信号の周波数U(t)がばらつきのないデータであるかを判定する。例えばあらかじめ設定した許容幅

5 W_uに対して式(9)の関係を満足するかどうかを判定基準とする。

$$|U(t) - U_{ref}(t)| \leq W_u \quad (9)$$

同様に、比較部18は、スイッチ部13を経由して入力されるダウンフェーズにおけるピート信号の周波数D(t)を基準値形成部19で設定された基準値D_{ref}(t)と比較して、ダウンフェーズにおけるピート信号の周波数D(t)がばらつきのないデータであるかを判定する。例えばあらかじめ設定した許容幅W_dに対して式(10)の関係を満足するかどうかを判定基準とする。

$$|D(t) - D_{ref}(t)| \leq W_d \quad (10)$$

比較部14によりばらつきの有無が判定されたアップフェーズにおけるピート信号の周波数U(t)は、ばらつき有りの場合にはばらつき除去部17で除去され、ばらつき無しの場合には記憶部16に記憶されるとともに、距離・速度導出部22へ入力される。

同様に、比較部18によりばらつきの有無を判定されたダウンフェーズにおけるピート信号の周波数D(t)は、ばらつき有りの場合にはばらつき除去部21で除去され、ばらつき無しの場合には記憶部20に記憶されるとともに、距離・速度導出部22へ入力される。

なお、ピート信号の周波数がばらつき有りとしてばらつき除去部で除去された場合、ピート信号の周波数U(t)、D(t)の代わりに、前回のピート信号の周波数データU(t-Δt)、D(t-Δt)を使用してもよい。

25 距離・速度導出部22は、入力されたピート信号の周波数U(t)とD(t)について式(5)、(6)により距離と速度を求める。

従来のレーダ装置の信号処理部は以上のように構成され、時系列方向のピート周波数のばらつきを抑えることができる。しかし、上記例をはじめとする従来技術では、目標の距離と速度を得るにはアップフェーズにおけるピート周波

数とダウンフェーズにおけるピート周波数の周波数対が必要であった。

そのため、もし、一方の周波数が得られない場合には、実際には存在するにも関わらず周波数対が選択されなかつたために検知されない（不検知）目標や、得られなかつたピート周波数の代わりに過去のピート周波数を用いたために
5 選った周波数対を選択してしまい、本来存在しないはずの目標（偽目標）が発生し計測結果の信頼性を低下させる要因となつていた。

この発明は上記の問題点を解消するためになされたもので、アップ（あるいはダウン）フェーズのピート信号の周波数の時系列方向の情報を利用してアップ（あるいはダウン）フェーズのピート信号の周波数のみで目標の距離と速度
10 を求めるようにすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得ることを目的とする。

発明の開示

15 上記目的を達成するために、この発明に係る距離・速度計測方法は、三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのピート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測する距離・速度計測方法において、アップフェーズ（変調周波数上昇期間）とダウンフェーズ（変調周波数下降期間）とにおけるピート信号からピート周波数を抽出し、抽出された周波数のうち、目標に対する対応するピート周波数の周波数対を選択し、選択された周波数対に基づいて観測値として目標の相対距離と相対速度を求め、さらに観測値から次回観測時の予測値として相対距離と相対速度及びピート周波数を求める現在の計測段階と、次回以降の観測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみを利用して次回以降の
20 観測時における目標の相対距離及び相対速度を計測する次回以降の計測段階とを備えたことを特徴とするものである。

また、上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみで処理することを優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかつた場合にのみ、他方のフェーズに

おけるピート周波数のみで処理することを特徴とするものである。

また、上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得る際に、観測値、予測値、及び観測値と予測値とから得られる平滑値を用いることを特徴とするものである。
5

また、上記次回以降の計測段階は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t)x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t)x$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の観測値を $U(t + \Delta t)x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の観測値を $D(t + \Delta t)x$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式
10

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$15 \quad R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求めることを特徴とするものである。

また、この発明に係るレーダ信号処理装置は、三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのピート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測するレーダ信号処理装置において、アップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号を入力し、各ピート信号の周波数を抽出する周波数分析手段と、上記周波数分析手段により抽出されたアップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択手段と、上記周波数選択手段により選択された周波数対を入力して現時点の目標の相対距離と相対速度を求める距離・速度算出手段と、上記距離・速度算出手段からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し、目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を計算する距離・速度予測手段と、上記距離・速度予測手段からの距離の予測値と速度の
20

25

予測値を入力してアップフェーズまたはダウンフェーズにおけるピート信号の周波数の予測値を計算する周波数予測手段と、上記周波数予測手段により予測されたピート信号の周波数の予測値と所定時刻後におけるピート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された許容周波数幅の範囲内に存在する

- 5 ピート周波数の有無を判定する周波数比較手段と、上記距離・速度予測手段からの距離と速度の予測値及び上記周波数予測手段からのピート周波数の予測値と、上記周波数分析手段により得られる所定時刻後におけるピート信号の周波数の観測値とに基づいて距離と速度の平滑値を求める距離・速度平滑手段とを備え、上記周波数予測手段により得られるアップフェーズまたはダウンフェー
- 10 ズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離及び相対速度を上記距離・速度平滑手段から得ることを特徴とするものである。

また、上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段として、アップフェーズまたはダウンフェーズのフェーズ毎に一対備え、上記次回以降の計測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段による処理を優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段のみで処理を行うことを特徴とするものである。

さらに、上記距離・速度平滑手段は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t) x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t) x$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の観測値を $U(t + \Delta t) x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の観測値を $D(t + \Delta t) x$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

07-04-13:02:18PM;

Posz

133550115

18 / 36

$$Rs(t + \Delta t) = Rp(t + \Delta t) + \alpha \times \{Rp(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

$$Vg(t + \Delta t) = Vp(t + \Delta t) + \beta \times \{Rp(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求めることを特徴とするものである。

5

図面の簡単な説明

図1は、この発明の実施の形態に係るレーダ信号処理装置の構成図、

図2は、図1のレーダ信号処理装置における目標の相対距離と相対速度を計測するための処理手順を示すフローチャート、

10 図3は、FMCWレーダにおける各信号の時間に対する周波数特性を示す図

図4は、日本国特開平5-249233号公報に開示されたミリ波レーダ装置の信号処理部の構成を示す図である。

15

発明を実施するための最も良の形態

以下、この発明の実施の形態について図を参照して説明する。

図1は、この発明の実施の形態に係るレーダ信号処理装置を示す構成図である。図1において、図4に示す従来例と同一部分は同一符号を付してその説明は省略する。新たな符号として、101、102、104はスイッチ部、103は周波数分析部12により抽出されたアップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択部、105は距離・速度導出部22からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を予測計算する距離・速度予測部である。

25 また、106、107は距離・速度予測部105から距離と速度の予測値を入力しアップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号の周波数の予測値をそれぞれ予測計算する周波数予測部、108、109は周波数予測部106、107により予測されたピート信号の周波数の予測値と所定時刻後におけるピート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された許容周波数幅

の範囲内に存在するビート周波数の有無を判定する周波数比較部、110、111は距離・速度予測部106、107からの距離と速度の予測値及び周波数予測手段からのビート信号の周波数の観測値に基づいて距離と速度の平均値を求める距離・速度平滑部である。

5 また、図2は、図1に示すレーダ信号処理装置における目標の相対距離と相対速度を計測するための処理手順を示すフローチャートである。

図2に示すフローチャートの手順に従って、図1に示すレーダ信号処理装置による目標の相対距離と相対速度を計測する動作を説明する。

計測動作が開始された時点がステップP0に対応し、信号処理装置内部の時刻tが0に設定される。このとき、スイッチ部101およびスイッチ部102はともにA1端子に接続され、スイッチ部104はB0端子に接続される。

ステップP1では、周波数分析部12が、A/D変換部11によりデジタル信号に変換されたアップフェーズにおけるビート信号を入力し、例えばFTを用いた周波数分析によりビート信号の周波数U(t)iを抽出する。ビート信号の周波数U(t)iは、スイッチ部13およびスイッチ部101を経由して、周波数対選択部103へ入力される。

ステップP2では、現時点の時刻tを参照し、t=0であればステップP3へ進み、t≠0であればステップP9へ進む。ここでは、まず、t=0としてステップP3へ進む。

20 ステップP3では、周波数分析部12が、A/D変換部11によりデジタル信号に変換されたダウンフェーズにおけるビート信号を入力し、例えばFTを用いた周波数分析によりビート信号の周波数D(t)jを抽出する。

ビート信号の周波数D(t)jは、スイッチ部13およびスイッチ部101を経由して、周波数対選択部103へ入力される。

25 ステップP4では、現時点の時刻tを参照し、t=0であればステップP5へ進み、t≠0であればステップP13へ進む。ここでは、まず、t=0としてステップP5へ進む。

ステップP5では、周波数対選択部103が、入力されたビート信号の周波数U(t)iとD(t)jから目標に対応する周波数対{U(t)x,D(t

) y} を選択する。

ステップP 6では、距離・速度導出部2 2が周波数対 {U (t) x, D (t
) y} を入力して、式 (5)、(6) により現時点の目標の相対距離r (t)
と相対速度v (t) を求め、スイッチ部1 0 4を介して計測結果として出力す
る。

ステップP 7では、距離・速度予測部1 0 5が現時点の目標の相対距離r (t)
と相対速度v (t) を入力し、目標の運動を想定して次回観測時刻t + Δ
tにおける距離の予測値R p (t + Δ t) と速度の予測値V p (t + Δ t) を
計算する。例えば、目標が等速運動をしていると想定した場合、以下の式 (1
10 1)、(1 2) により計算される。

$$R_p(t + \Delta t) = r(t) + \Delta t \times v(t) \quad (1 1)$$

$$V_p(t + \Delta t) = v(t) \quad (1 2)$$

さらに、周波数予測部1 0 6が距離の予測値R p (t + Δ t) と速度の予測
値V p (t + Δ t) を入力してアップフェーズにおけるピート信号の周波数の
15 予測値U p (t + Δ t) xを式 (1) から計算し、周波数予測部1 0 7が距離
の予測値R p (t + Δ t) と速度の予測値V p (t + Δ t) を入力してダウン
フェーズにおけるピート信号の周波数の予測値D p (t + Δ t) xを式 (2)
から計算する。

ステップP 8では、信号処理装置内部の時刻tにΔ tが加えられ、t + Δ t
20 における計測を行うため、ステップP 1へ戻る。

ステップP 1では、上記と同様にしてピート周波数U (t + Δ t) iが抽出
される。

ステップP 2では、t ≠ 0としてステップP 9へ進む。

ステップP 9では、周波数比較部1 0 8があらかじめ設定された許容周波数
25 幅F uに基づき、式 (1 3) を満たすピート周波数U (t + Δ t) iの有無を
判定する。すなわち、アップフェーズで目標が検知されるか否かを判定する。

$$|U_p(t + \Delta t) x - U(t + \Delta t) i| \leq F_u \quad (1 3)$$

ステップP 10では、ピート周波数U (t + Δ t) iがあれば、それをU (t
+ Δ t) xとしてステップP 11へ進み、なければステップP 3に進む。こ

07-04-13:02:19PM;

Posz

33550115

21/ 36

こでは、まず、 $U(t + \Delta t)x$ があるとしてステップP 1 1へ進む。

ステップP 1 1では、距離・速度平滑部110が予測値 $R_p(t + \Delta t)$ 、 $V_p(t + \Delta t)$ 、 $U_p(t + \Delta t)x$ と観測値 $U(t + \Delta t)x$ から距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を以下の式(14)

5 、(15)で計算する。

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\} \quad (14)$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\} \quad (15)$$

このとき、スイッチ部104では、Bu端子に接続となり、式(14)、(15)の距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ が計10測結果として出力される。すなわち、アップフェーズのピート周波数のみで目標の距離と速度が得られるようになる。

ステップP 1 2ではステップP 7と同様に、距離・速度予測部105が式(14)、(15)の距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を現時点の距離と速度として入力し、目標の運動を想定して次回観測時15刻 $t + 2\Delta t$ における距離の予測値 $R_p(t + 2\Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t + 2\Delta t)$ を計算する。

さらに、周波数予測部106が距離の予測値 $R_p(t + 2\Delta t)$ と速度の予20測値 $V_p(t + 2\Delta t)$ を入力してアップフェーズにおけるピート周波数の予測値 $U_p(t + 2\Delta t)x$ を式(1)から計算し、周波数予測部107が予測値 $R_p(t + \Delta t)$ と $V_p(t + \Delta t)$ を入力してダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値 $D_p(t + 2\Delta t)x$ を式(2)から計算する。

ステップP 8では、信号処理装置内部の時刻 t に Δt が加えられ、 $t + 2\Delta t$ における計測を行うため、ステップP 1へ戻り、上記の動作を繰り返す。

次に、ステップP 10において、 $U(t + \Delta t)x$ がなく、すなわち、目標25が検知されなく、ステップP 3へ進む場合を以下に説明する。ステップP 9では、上記と同様にして $D(t + \Delta t)j$ が抽出される。

ステップP 4では、 $t \neq 0$ としてステップP 1 3へ進む。

ステップP 1 3では、周波数比較部109があらかじめ設定された許容周波数幅 F_d に基づき、式(16)を満たす $D(t + \Delta t)j$ の有無が判定される

07-04-13;02:19PM;

Posz

133550115

22/ 36

$$|D_p(t+\Delta t)y - D(t+\Delta t)x| \leq Fd \quad (16)$$

ステップP 14では、 $D(t+\Delta t)x$ がなければステップP 5へ進み、上記の動作を行う。

8 一方、 $D(t+\Delta t)x$ があればそれを $D(t+\Delta t)y$ としてステップP 15に進む。

9 ステップP 15では、ステップP 11と同様に距離・速度平滑部111が予測値 $R_p(t+\Delta t)$ 、 $V_p(t+\Delta t)$ 、 $D_p(t+\Delta t)x$ と観測値 $D(t+\Delta t)y$ から距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を以下のように計算する。

$$R_s(t+\Delta t) = R_p(t+\Delta t) + \alpha \times \{D_p(t+\Delta t)x - D(t+\Delta t)x\} \quad (17)$$

$$V_s(t+\Delta t) = V_p(t+\Delta t) + \beta \times \{D_p(t+\Delta t)x - D(t+\Delta t)x\} \quad (18)$$

このとき、スイッチ部104ではBd端子に接続となり、式(17)、(18)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ が計測結果として出力される。すなわち、ダウンフェーズのピート周波数のみで目標の距離と速度が得られるようになる。

10 ステップP 16では、ステップP 12と同様に、距離・速度予測部105が式(17)、(18)の距離の平滑値 $R_s(t+\Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t+\Delta t)$ を現時点の距離と速度として入力し、目標の運動を想定して次回観測時刻 $t+2\Delta t$ における距離の予測値 $R_p(t+2\Delta t)$ と速度の予測値 $V_p(t+2\Delta t)$ を計算する。

11 さらに、周波数予測部106が $R_p(t+2\Delta t)$ と $V_p(t+2\Delta t)$ を入力してアップフェーズにおけるピート周波数の予測値 $U_p(t+2\Delta t)x$ を式(1)から計算し、周波数予測部107が $R_p(t+\Delta t)$ と $V_p(t+\Delta t)$ を入力してダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値 $D_p(t+2\Delta t)x$ を式(2)から計算する。

12 ステップP 8では、信号処理装置内部の時刻 t に Δt が加えられ、 $t+2\Delta t$ における計測を行うため、ステップP 1へ戻り、上記の動作を繰り返す。

なお、図1の各構成要素は、それぞれ専用の演算回路で実現してもよいし、

CPU (Central Processing Unit) あるいはDSP (Digital Signal Processor) に組み込まれたプログラムで実現してもよい。

また、図2において、ステップP0からP7は、現在の計測段階を構成し、ステップP8→P1→P2→P9～P12は、アップフェーズにおけるピート周波数のみを利用して次回以降の観測時における目標の相対距離と相対速度を計測する次回以降の計測段階を構成するものであるが、アップフェーズに代えてダウンフェーズにおけるピート周波数のみを利用するようにもよく、ダウンフェーズにおけるピート周波数のみを利用して計測する計測段階を構成する場合には、ステップP3→P4→P13～P16を、アップフェーズにおけるピート周波数のみを利用する計測段階として入れ換えてても良い。

したがって、上述した実施の形態によれば、一方のフェーズの周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得るようにしたので、不検知目標や偽目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

また、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理を優先して行い、目標が検知されなかった場合にのみ他方の周波数による計測処理を行うようにしたので、不検知目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

また、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理において観測値と予測値と平滑値を用いるようにしたので、偽目標を減らして高い信頼性のある計測結果を得ることができる。

さらに、一方のフェーズの周波数のみによる計測処理において、式(14)、(15)、(17)、(18)を用いるようにしたので、精度の良い計測結果を得ることができる。

産業上の利用の可能性

以上のように、この発明によれば、アップ(あるいはダウン)フェーズのピート信号の周波数の時系列方向の情報を用いてアップ(あるいはダウン)フェーズのピート信号の周波数のみで目標の相対距離と相対速度を求めるようにすることで、偽目標や不検知目標を減らして信頼性の高い計測結果を得ることができる距離・速度計測方法とその方法を用いたレーダ信号処理装置を得ること

07-04-13;02:19PM;

Posz

;33550115

24/ 38

とができる。

14

請求の範囲

1. 三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのピート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測する距離・速度計
5 測方法において、

アップフェーズ（変調周波数上昇期間）とダウンフェーズ（変調周波数下降期間）とにおけるピート信号からピート周波数を抽出し、抽出された周波数のうち、目標に対する対応するピート周波数の周波数対を選択し、選択された周波数対に基づいて観測値として目標の相対距離と相対速度を求め、さらに観測
10 値から次回観測時の予測値として相対距離と相対速度及びピート周波数を求める現在の計測段階と、
次回以降の観測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみを利用して次回以降の観測時ににおける目標の相対距離及び相対速度を計測する次回以降の計測段階と
15 を備えたことを特徴とする距離・速度計測方法。

2. 請求項1に記載の距離・速度計測方法において、

上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみで処理することを優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場合にのみ、他方のフェーズにおけるピート周波数のみで処理する
20 ことを特徴とする距離・速度計測方法。

3. 請求項2に記載の距離・速度計測方法において、

25 上記次回以降の計測段階は、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみで目標の相対距離と相対速度を得る際に、観測値、予測値、及び観測値と予測値とから得られる平滑値を用いることを特徴とする距離・速度計測方法。

07-04-13 02:19PM;

Posz

;33550115

26 / 36

4. 請求項3に記載の距離・速度計測方法において、

上記次回以降の計測段階は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を $R_p(t + \Delta t)$ 、速度の予測値を $V_p(t + \Delta t)$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t)x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t)x$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の観測値を $U(t + \Delta t)x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の観測値を $D(t + \Delta t)x$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

5 10 $R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$
 $V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$
 $R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$
 $V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$

なお、 α 、 β は定数

を用いて求める

15 ことを特徴とする距離・速度計測方法。

5. 三角波の周波数変調を施した連続波レーダの送信信号と受信信号とのピート信号に基づいて目標の相対距離及び相対速度を計測するレーダ信号処理装置において、

20 アップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号を入力し、各ピート信号の周波数を抽出する周波数分析手段と、

上記周波数分析手段により抽出されたアップフェーズとダウンフェーズにおけるピート信号の周波数から目標に対応する周波数対を選択する周波数対選択手段と、

25 上記周波数選択手段により選択された周波数対を入力して現時点の目標の相対距離と相対速度を求める距離・速度導出手段と、

上記距離・速度導出手段からの現時点の目標の相対距離と相対速度を入力し、目標の運動を想定して所定時刻後における距離の予測値と速度の予測値を計算する距離・速度予測手段と、

上記距離・速度予測手段からの距離の予測値と速度の予測値を入力してアップフェーズまたはダウンフェーズにおけるピート信号の周波数の予測値を計算する周波数予測手段と、

上記周波数予測手段により予測されたピート信号の周波数の予測値と所定時
5 刻後におけるピート信号の周波数とを比較してその差があらかじめ設定された
許容周波数幅の範囲内に存在するピート周波数の有無を判定する周波数比較手
段と、

上記距離・速度予測手段からの距離と速度の予測値及び上記周波数予測手段
からのピート周波数の予測値と、上記周波数分析手段により得られる所定時刻
10 後におけるピート信号の周波数の観測値とに基づいて距離と速度の平滑値を求
める距離・速度平滑手段と

を備え、上記周波数予測手段により得られるアップフェーズまたはダウンフェ
ーズのいずれか一方のフェーズにおけるピート周波数のみを利用して次回以
降の観測時における目標の相対距離及び相対速度を上記距離・速度平滑手段か
15 ら得ることを特徴とするレーダ信号処理装置。

6. 請求項 5 に記載のレーダ信号処理装置において、

上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平滑手段とし
て、アップフェーズまたはダウンフェーズのフェーズ毎に一対備え、上記次回
20 以降の計測時に、アップフェーズまたはダウンフェーズのいずれか一方のフェ
ーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段及び上記距離・速度平
滑手段による処理を優先し、当該一方のフェーズで目標が検知されなかった場
合にのみ、他方のフェーズにおける上記周波数予測手段と上記周波数比較手段
及び上記距離・速度平滑手段のみで処理を行う

25 ことを特徴とするレーダ信号処理装置。

7. 請求項 5 に記載のレーダ信号処理装置において、

上記距離・速度平滑手段は、次回観測時刻 $t + \Delta t$ における距離の予測値を
R_p ($t + \Delta t$) 、速度の予測値を V_p ($t + \Delta t$) 、アップフェーズにおけ

るピート周波数の予測値を $U_p(t + \Delta t) x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の予測値を $D_p(t + \Delta t) x$ 、アップフェーズにおけるピート周波数の観測値を $U(t + \Delta t) x$ 、ダウンフェーズにおけるピート周波数の観測値を $D(t + \Delta t) x$ としたとき、距離の平滑値 $R_s(t + \Delta t)$ と速度の平滑値 $V_s(t + \Delta t)$ を、下記の式

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{U_p(t + \Delta t)x - U(t + \Delta t)x\}$$

$$R_s(t + \Delta t) = R_p(t + \Delta t) + \alpha \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

$$V_s(t + \Delta t) = V_p(t + \Delta t) + \beta \times \{D_p(t + \Delta t)x - D(t + \Delta t)x\}$$

10 なお、 α 、 β は定数

を用いて求める

ことを特徴とするレーダ信号処理装置。

07-04-13;02:19PM;

Posz

33550115

29 / 36

図 1

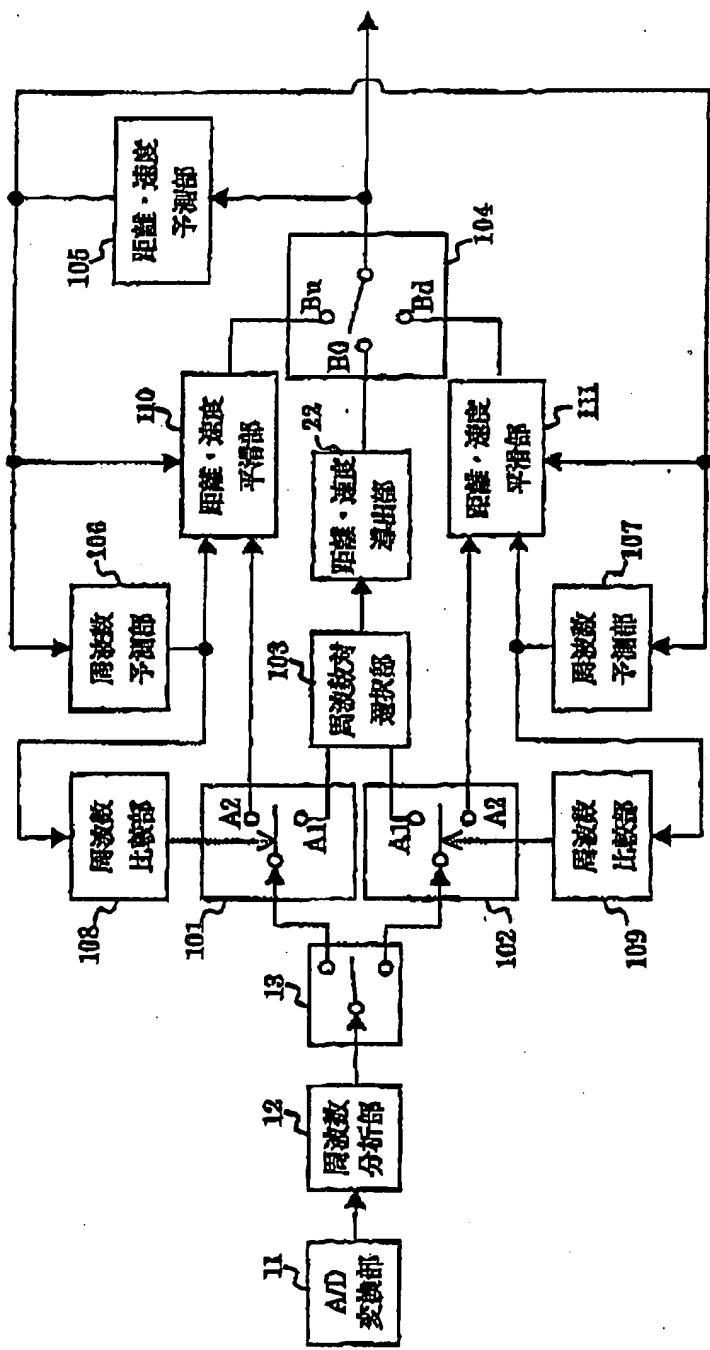


図 2

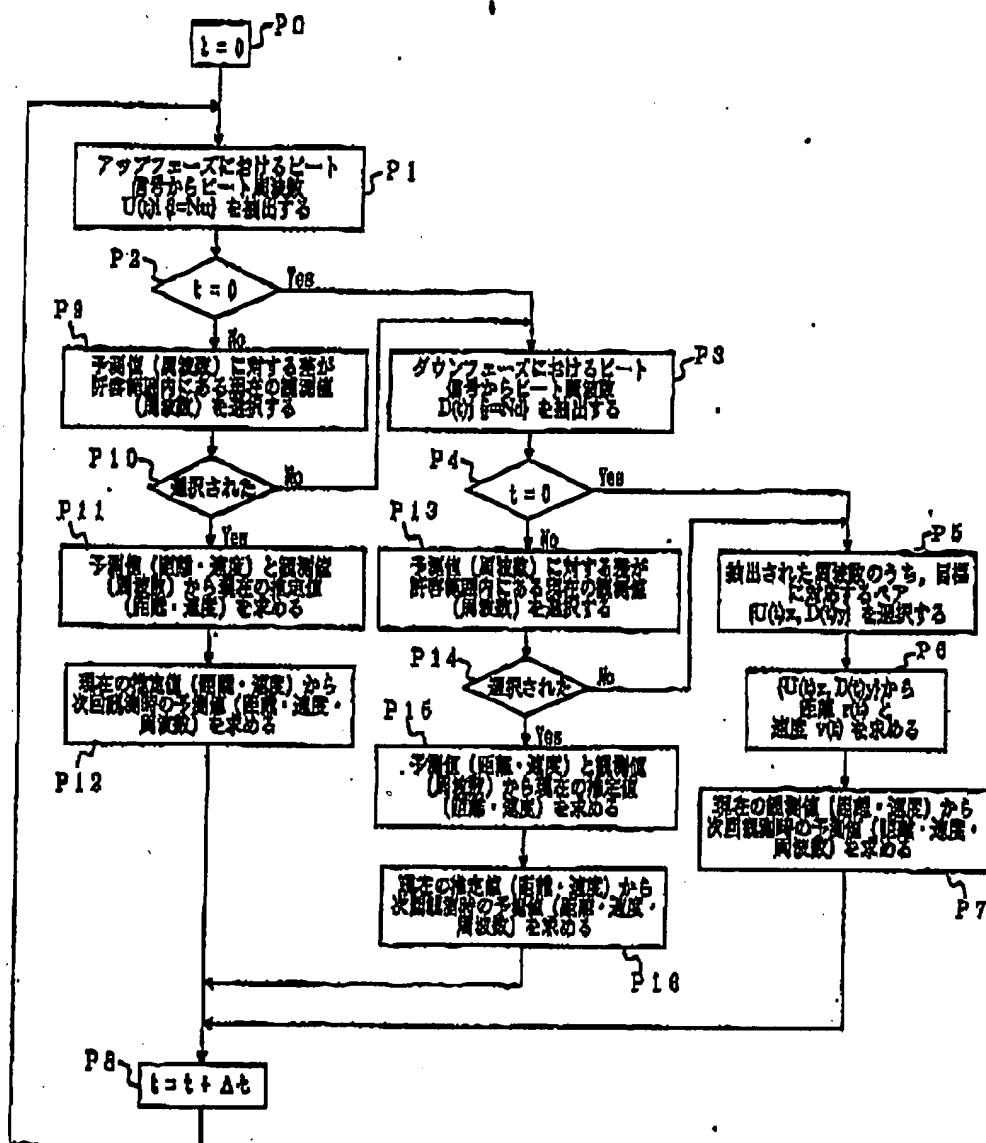
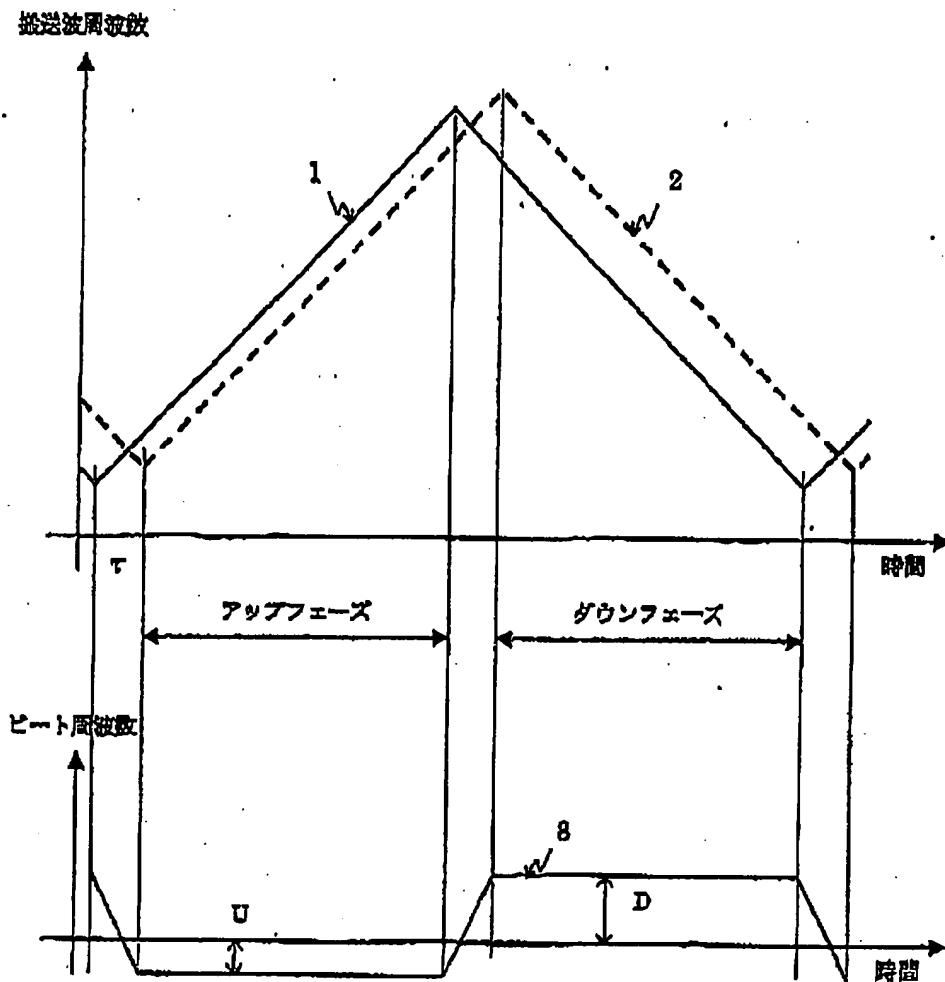


図 3



9/4

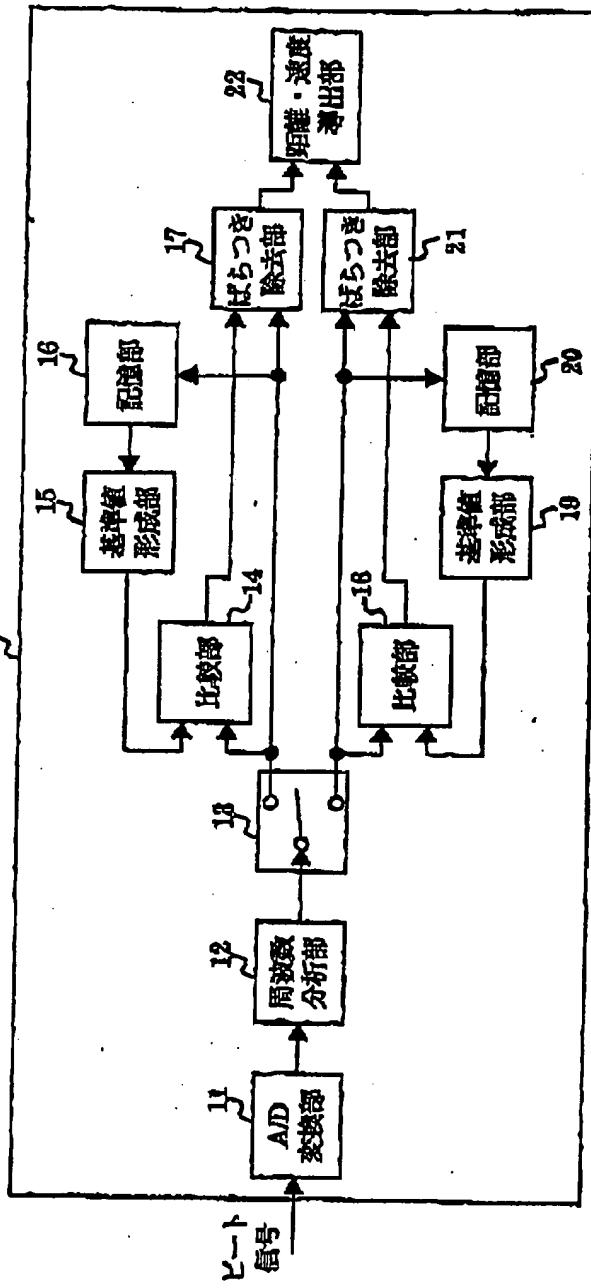
07-04-13;02:19PM;

Posz

;33550115

32/ 36

図4



4/4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl' G01S13/34, G01S7/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl' G01S13/34Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyu Shinan Kobo 1922-1996 Toreku Jitsuyu Shinan Kobo 1994-2001
Kokai Jitsuyu Shinan Kobo 1971-2001 Jitsuyu Shinan Toreku Kobo 1996-2001

Electronic data bases consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Claim or document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US, 5905458, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha), 18 May, 1999 (18.05.99), Full text; all drawings	1
A	Full text; all drawings & JP, 10-148669, A	2-7
A	JP, 5-142238, A (Fujitsu Ten Limited), 08 June, 1993 (08.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 5-150033, A (Fujitsu Ten Limited), 18 June, 1993 (18.06.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 11-271429, A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 08 October, 1999 (08.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
A	US, 5963162, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha), 05 October, 1999 (05.10.99), Full text; all drawings	1-7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

"A" Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"T" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"A" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the final compilation of the international search 09 March, 2001 (09.03.01)	Date of mailing of the international search report 21 March, 2001 (21.03.01)
--	---

Name and mailing address of the IBA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

07-04-13:02:19PM;

Posz

;33550115

34/ 36

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/01264

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Claim or document, with indication, where appropriate, of the relevant passages & JP, 11-38129, A	Relevant to claim No.
A	JP, 5-249233, A (Fujitsu Ten Limited), 28 September, 1992 (28.09.92), full text, all drawings (Family: none)	1-7

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP01/01264	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl' G01S13/34, G01S7/32			
B. 調査を行った分野 調査を行った既小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl' G01S13/34			
C. 既述すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が既述するときは、その既述する箇所の表示	既述する 請求の範囲の番号	
X A	US, 5905458, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha) 18. 5月. 1999 (18. 05. 99) 全文, 全国 全文, 全国 & JP, 10-148669, A	1 2-7	
A	JP, 5-142338, A (富士通テン株式会社) 8. 6月. 1998 (08. 06. 93) 全文, 全国 (ファミリーなし)	1-7	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の記述にも文献が列挙されている。		<input type="checkbox"/> ベントファミリーに関する別紙を参照。	
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「A」特に既述のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</p> <p>「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</p> <p>「L」優先権主張に既述を超越する文献又は他の文献の施行旨若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ既先権の主張となる出願</p> <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「T」国際出願日又は既先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は実験の既述のために引用するもの</p> <p>「X」特に既述のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「Y」特に既述のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当事者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</p> <p>「&」国-ベントファミリー文献</p>			
国際調査を完了した日	09. 03. 01	国際調査報告の発送日	21.03.01
国際調査機関の名称及びあて先 ・日本特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8916 東京都千代田区麹町三丁目4番3号	特許庁審査官 (権利のある範囲) 宮川 哲伸 28 9208 電話番号 03-3581-1101 内線 8255		

株式 PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

07-04-13;02:19PM;

Posz

;33550115

36 / 36

国際検査報告

国際出願番号 PCT/JP01/01264

C (様式) 開示すると認められる文献		開示する請求の範囲の番号
引用文献の カタログリード	引用文献名 及び一部の箇所が開示するときは、その開示する箇所の表示	
A	JP, 5-160036, A (富士通テン株式会社) 18. 6月. 1993 (18. 06. 93) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 11-271429, A (株式会社豊田中央研究所) 8. 10月. 1999 (08. 10. 99) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	US, 5969162, A1 (Honda Giken Kogyo Kabushiki Kaisha) 5. 10月. 1999 (05. 10. 99) 全文, 全図 & JP, 11-38129, A	1-7
A	JP, 5-249233, A (富士通テン株式会社) 28. 9月. 1993 (28. 09. 93) 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7

様式PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)